



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Gebrauchsmusterschrift**  
⑩ **DE 200 10 529 U 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**B 25 J 9/18**

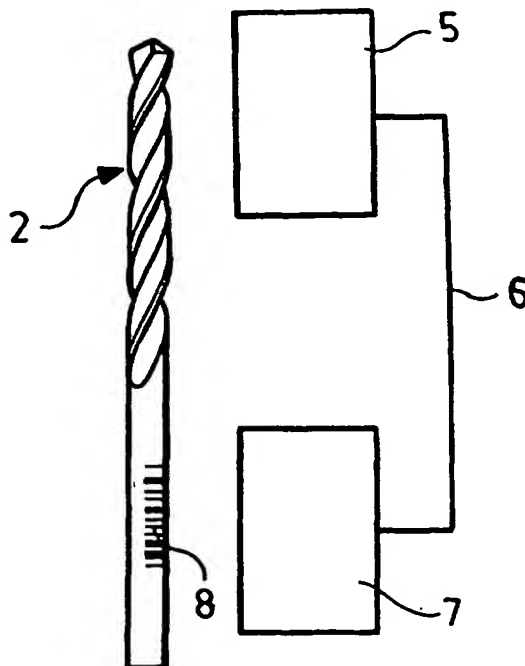
⑳	Aktenzeichen:	200 10 529.9
㉑	Anmeldetag:	14. 6. 2000
㉒	Eintragungstag:	5. 10. 2000
㉓	Bekanntmachung im Patentblatt:	9. 11. 2000

**DE 200 10 529 U 1**

- ⑦③ Inhaber:  
Aesculap AG & Co. KG, 78532 Tuttlingen, DE
- ⑦④ Vertreter:  
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER  
PATENTANWÄLTE GBR, 70182 Stuttgart

⑤④ **Steuerungssystem für einen Operationsroboter**

- ⑤⑦ Steuerungssystem für den Bewegungsablauf eines Werkzeuges eines Operationsroboters für chirurgische Operationen mit einer Steuerung, die in Abhängigkeit von einem die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges wiedergebenden Datensatz an die Geometrie des Werkzeuges angepaßte Bewegungssignale erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß es folgende Einrichtungen umfaßt: eine Meßeinrichtung (5), welche die tatsächliche Geometrie des Werkzeuges (2) ermittelt und daraus einen Datensatz erzeugt, eine Codiereinrichtung (7), die eine dem erzeugten Datensatz entsprechende Codierung (8) auf dem Werkzeug (2) anbringt, eine Leseeinrichtung (9), die die Codierung (8) auf dem Werkzeug (2) liest, und eine Decodiereinrichtung (10), die aus der Codierung (8) den die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges (2) wiedergebenden Datensatz erzeugt und diesen der Steuerung (4) zuführt.



**DE 200 10 529 U 1**

18.08.00

A 55 546 u  
u - 234  
17. August 2000

Aesculap AG & Co. KG  
Am Aesculap-Platz  
D - 78532 Tuttlingen

## STEUERUNGSSYSTEM FÜR EINEN OPERATIONSROBOTER

Die Erfindung betrifft ein Steuerungssystem für den Bewegungsablauf eines Werkzeuges eines Operationsroboters für chirurgische Operationen mit einer Steuerung, die in Abhängigkeit von einem die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges wiedergebenden Datensatz an die Geometrie des Werkzeuges angepaßte Bewegungssignale erzeugt.

Weiterhin betrifft die Erfindung einen Operationsroboter für chirurgische Operationen mit einer Steuerung für den Bewegungsablauf eines Werkzeuges.

Bei chirurgischen Operationen wird in vermehrtem Umfang der Bewegungsablauf eines motorisch angetriebenen Werkzeuges, beispielsweise eines Bohrers, eines Fräasers oder einer Säge, von einem Operationsroboter erzeugt, der eine Steuerung aufweist, die den Roboter und damit das an ihm gehaltene Werkzeug so bewegt, daß das Werkzeug ein Substrat, beispielsweise einen Knochen, exakt gemäß der gewünschten Form bearbeitet.

Um hier eine möglichst genaue Bearbeitung zu erzielen, ist es notwendig, Werkzeuge zu verwenden, deren geometrische Abmessungen exakt den Abmessungen entsprechen, die in der Steuerung für dieses spezielle Werkzeug ge-

DE 200 10 579 111

18.08.00

- 2 -

A 55 546 u  
17. August 2000  
u-234

speichert sind und die von der Steuerung verwendet werden, um die Bewegungsbahn des Werkzeuges zu steuern.

In der Praxis kann damit allerdings eine höchstmögliche Genauigkeit nicht erzielt werden, da die Werkzeuge, einerseits bedingt durch die Herstellung und andererseits bedingt durch mögliche Abnutzung, geometrische Abmessungen aufweisen, die von denen abweichen, die als Datensatz in der Steuerung des Operationsroboters gespeichert sind. Dadurch ergeben sich ungenaue Bearbeitungsvorgänge am Substrat.

Es ist Aufgabe der Erfindung, bei einem Steuerungssystem der eingangs beschriebenen Art die Genauigkeit des Bewegungsablaufes von Werkzeugen zu verbessern, die von einem Operationsroboter bewegt werden.

Die beschriebene Aufgabe wird bei einem Steuerungssystem der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß dieses Steuerungssystem folgende Einrichtungen umfaßt:

- eine Meßeinrichtung, welche die tatsächliche Geometrie des Werkzeuges ermittelt und daraus einen Datensatz erzeugt,
- eine Codiereinrichtung, die eine dem erzeugten Datensatz entsprechende Codierung auf dem Werkzeug anbringt,
- eine Leseeinrichtung, die die Codierung auf dem Werkzeug liest,
- und eine Decodiereinrichtung, die aus der Codierung den die geometrischen Abmessungen des Werk-

DE 200 10 529 U1

18.08.00

- 3 -

A 55 546 u  
17. August 2000  
u-234

zeuges wiedergebenden Datensatz erzeugt und diesen der Steuerung zuführt.

Durch diese Ausgestaltung ist es möglich, Werkzeuge zu verwenden, deren Geometrie von Werkzeug zu Werkzeug variiert. Die tatsächliche Geometrie jedes Werkzeuges wird dabei durch Messung bestimmt, und die dieser tatsächlichen Geometrie entsprechenden Werte werden in einen Datensatz umgeformt, dessen Inhalt in codierter Form auf dem Werkzeug selbst angebracht wird. Diese Codierung kann sehr unterschiedlich gewählt sein, es ist möglich, hier eine optisch sichtbare Codierung zu wählen, beispielsweise einen alphanumerischen Code aufzuschreiben, einen Barcode oder dergleichen, oder es kann sich um einen magnetisch lesbaren Code handeln, hier sind dem Fachmann sehr verschiedene Möglichkeiten an die Hand gegeben, um eine Codierung auf einem Werkzeug anzubringen. In bestimmten Fällen ist es auch möglich, die Codierung in Form eines Mikrochips anzubringen, also über einen sogenannten Transponder.

Diese für das spezielle Werkzeug individuell erzeugte Codierung wird beim Einsetzen des Werkzeuges in den Operationsroboter von einer Leseeinrichtung gelesen und in einer Decodiereinrichtung wieder in einen Datensatz umgewandelt, der die tatsächliche Geometrie des Werkzeuges repräsentiert und der dann im Operationsroboter zur Steuerung der Bewegungsabläufe des Werkzeuges verwendet wird, und zwar unter Berücksichtigung der tatsächlichen Geometrie des Werkzeuges, so daß bei Werkzeugen mit unterschiedlichen Geometrien trotzdem eine

18.08.00

18.08.00

- 4 -

A 55 546 u  
17. August 2000  
u-234

maximale Genauigkeit des Bewegungsablaufes erzielbar ist.

Dabei kann vorgesehen sein, daß die Meßeinrichtung einen Datensatz erzeugt, der die gemessenen Geometriewerte wiedergibt, in diesem Fall wird der Datensatz vollständig der Steuerung zugeführt, die diesen Datensatz direkt zur Steuerung des Bewegungsablaufes verwendet.

Bei einer anderen Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Meßeinrichtung einen Datensatz erzeugt, der Abweichungen der gemessenen Geometriewerte von Soll-Geometriewerten wiedergibt. In diesem Falle wird ein in der Steuerung gespeicherter Soll-Datensatz über die in co-

(Fortsetzung ursprüngliche Unterlagen, Seite 6, erste Zeile)

18.08.00

14.06.00

5

A 55 546 u  
13. Juni 2000  
u-248/234

dierter Form auf dem Werkzeug angebrachten Korrekturwerte modifiziert.

Die Erfindung betrifft auch einen Operationsroboter für chirurgische Operationen mit einer Steuerung für den Bewegungsablauf eines Werkzeuges, die in Abhängigkeit von einem die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges wiedergebenden und in Form einer Codierung auf dem Werkzeug angeordneten Datensatz an die Geometrie des Werkzeuges angepaßte Bewegungssignale erzeugt mit einer Leseeinrichtung, die die Codierung auf dem Werkzeug liest und mit einer Decodiereinrichtung, die aus der Codierung den die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges wiedergebenden Datensatz erzeugt und diesen der Steuerung zuführt.

Die nachfolgende Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung. Es zeigen:

Figur 1: eine schematische Darstellung eines Werkzeuges mit einer Geometriemeßeinrichtung und einer Codiereinrichtung für das Werkzeug;

Figur 2: eine schematische Ansicht eines Operationsroboters mit einer Steuerung für den Bewegungsablauf eines Werkzeuges und mit einer Leseeinrichtung für eine Codierung des Werkzeuges.

DE 200 17 509 11

14.06.00

- 6 -

A 55 546 u  
13. Juni 2000  
u-248/234

Die Erfindung wird erläutert am Beispiel eines Operationsroboters 1, der mit einem Bohrer 2 bestückt ist und diesen Bohrer 2 über einen beweglichen Arm 3 so führt, daß der drehangetriebene Bohrer 2 entsprechend einer vorher geplanten Bewegungsbahn verfahren wird und dadurch in ein in der Zeichnung nicht dargestelltes Substrat, beispielsweise einen Knochen, eine Bohrung der gewünschten Positionierung einbringt.

Es versteht sich aber, daß als Werkzeug auch ein beliebiges anderes Werkzeug eingesetzt werden kann, welches ein Substrat bearbeitet und dabei bewegt wird, beispielsweise ein Fräser oder eine Säge. Im weitesten Sinne kann unter "Werkzeug" natürlich auch ein Handstück, ein Zwischenstück oder ein sonstiges Instrument verstanden werden, das zwischen dem tatsächlichen Werkzeug und dem Operationsroboter zwischengeschaltet ist, beispielsweise eine Verlängerung oder ein Adapter. Auch diese zwischengeschalteten Teile können in der gleichen Weise hinsichtlich ihrer geometrischen Abmessungen erfaßt und codiert werden, so daß auch deren tatsächliche Geometrie für die Steuerung des Bewegungsablaufes berücksichtigt werden kann, in einem derartigen Fall können also mehrere Datensätze für die geometrischen Abmessungen des tatsächlichen Werkzeuges und zwischengeschalteter Teile erzeugt und in der Steuerung zu einem den Bewegungsablauf steuernden Datensatz vereinigt werden, der die tatsächliche geometrische Anordnung des Werkzeuges selbst relativ zum Operationsroboter berücksichtigt.

DE 55 546 13. Juni 2000

14.06.00

- 7 -

A 55 546 u  
13. Juni 2000  
u-248/234

Dem Operationsroboter 1 ist eine Steuerung 4 zugeordnet, die den Arm 3 und damit den Bohrer 2 in der gewünschten Weise steuert.

Der Bohrer 2 kann in den Arm 3 in an sich bekannter Weise eingesetzt werden, und zwar auswechselbar, so daß bei Bedarf auch andere Werkzeuge in den Arm 3 eingesetzt werden können, die für den jeweiligen Bearbeitungsvorgang notwendig sind. Jedes Werkzeug wird von der Steuerung 4 dann über einen speziellen Datensatz gesteuert, der die tatsächlichen geometrischen Abmessungen des Werkzeuges repräsentiert, also bei einem Bohrer beispielsweise den Durchmesser, den Schneidwinkel etc.

Um eine besonders exakte Bearbeitung zu erreichen, werden die Werkzeuge individuell ausgemessen, so daß auf diese Weise ihre geometrischen Abmessungen genau erfaßt werden.

Dies ist in Figur 1 für den Bohrer 2 dargestellt, der in einer Meßstation 5 in an sich bekannter Weise genau vermessen wird, beispielsweise über Taster, über Laserstrahlen oder andere an sich bekannte Meßverfahren, mit denen die Geometrie eines Gegenstandes erfaßt werden kann. Die dabei erzeugten Meßdaten werden in einem Datensatz zusammengefaßt, den die Meßstation 5 über eine Leitung 6 einer Codiereinrichtung 7 übermittelt, die in Abhängigkeit von dem jeweiligen Datensatz auf dem Bohrer 2 selbst eine Codierung 8 erzeugt, im dargestellten Beispiel in Form eines Strichcodes. Dieser kann bei-

DE 200 10 539 11



14.06.00

- 8 -

A 55 546 u  
13. Juni 2000  
u-248/234

spielsweise durch Laserstrahlen auf die Oberfläche des Werkzeuges aufgebracht, beispielsweise eingebrannt werden oder in anderer an sich bekannter Weise auf dem Werkzeug abgelegt werden.

In dieser Codierung 8 sind die tatsächlichen geometrischen Abmessungen des Bohrers 2 gespeichert.

Der Steuerung 4 des Operationsroboters 1 ist eine Lesestation 9 zugeordnet, die beispielsweise am Roboterarm selbst angeordnet sein kann und die beim Einsetzen des Bohrers 2 in den Roboterarm 3 die Codierung 8 auf dem Bohrer 2 liest. Die Lesestation 9 übermittelt die erfaßte Codierung einer Decodierstation 10, die daraus einen Datensatz erzeugt, der der Steuerung 4 zugeführt wird. Auf diese Weise erhält die Steuerung 4 vollständige Informationen über die tatsächlichen geometrischen Abmessungen des eingesetzten Bohrers 2.

Der Datensatz, den die Meßstation 5 erzeugt, kann ein Datensatz sein, der unmittelbar die geometrischen Abmessungen wiedergibt, in diesem Falle ist es sinnvoll, diesen Datensatz nach der Decodierung unmittelbar der Steuerung 4 zuzuführen, die mit diesem Datensatz den Bewegungsablauf des Bohrers 2 steuert.

Bei einer anderen Ausführungsform kann vorgesehen sein, daß die Meßstation 5 einen Datensatz erzeugt, der nur Abweichungen von einem geometrischen Soll-Datensatz für das bestimmte Werkzeug enthält, in diesem Fall wird der von der Decodierstation 10 ermittelte Datensatz der

DE 200 10 539 11

14.06.00

- 9 -

A 55 546 u  
13. Juni 2000  
u-248/234

Steuerung 4 zugeführt und in dieser wird ein abgespeicherter, entsprechender Soll-Datensatz mit diesem zugeführten Datensatz modifiziert, dieser modifizierte Geometriedatensatz repräsentiert die tatsächlichen geometrischen Abmessungen des Werkzeuges und mit diesem erfolgt die Steuerung des Bewegungsablaufes.

Es ist auf diese Weise möglich, Werkzeuge einzusetzen, die große Fertigungstoleranzen aufweisen, diese Fertigungstoleranzen werden durch das beschriebene Verfahren vollständig ausgeglichen. Dasselbe gilt hinsichtlich der Abnutzung von Werkzeugen, wenn die Werkzeuge vor dem Einsatz entsprechend neu vermessen und codiert werden, können alle Abmessungsänderungen auf diese Weise kompensiert werden, so daß trotz veränderter tatsächlicher Geometrie der Werkzeuge eine sehr exakte Bewegungssteuerung der Werkzeuge möglich wird.

DE 2000 10 500 11

18.08.00

A 55 546 u  
u - 234  
17. August 2000

-1-

## S C H U T Z A N S P R Ü C H E

1. Steuerungssystem für den Bewegungsablauf eines Werkzeuges eines Operationsroboters für chirurgische Operationen mit einer Steuerung, die in Abhängigkeit von einem die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges wiedergebenden Datensatz an die Geometrie des Werkzeuges angepaßte Bewegungssignale erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß es folgende Einrichtungen umfaßt:  
eine Meßeinrichtung (5), welche die tatsächliche Geometrie des Werkzeuges (2) ermittelt und daraus einen Datensatz erzeugt,  
eine Codiereinrichtung (7), die eine dem erzeugten Datensatz entsprechende Codierung (8) auf dem Werkzeug (2) anbringt,  
eine Leseeinrichtung (9), die die Codierung (8) auf dem Werkzeug (2) liest,  
und eine Decodiereinrichtung (10), die aus der Codierung (8) den die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges (2) wiedergebenden Datensatz erzeugt und diesen der Steuerung (4) zuführt.
2. Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (5) einen Datensatz erzeugt, der die gemessenen Geometriewerte wiedergibt.

DE 200 10 574 111

100000

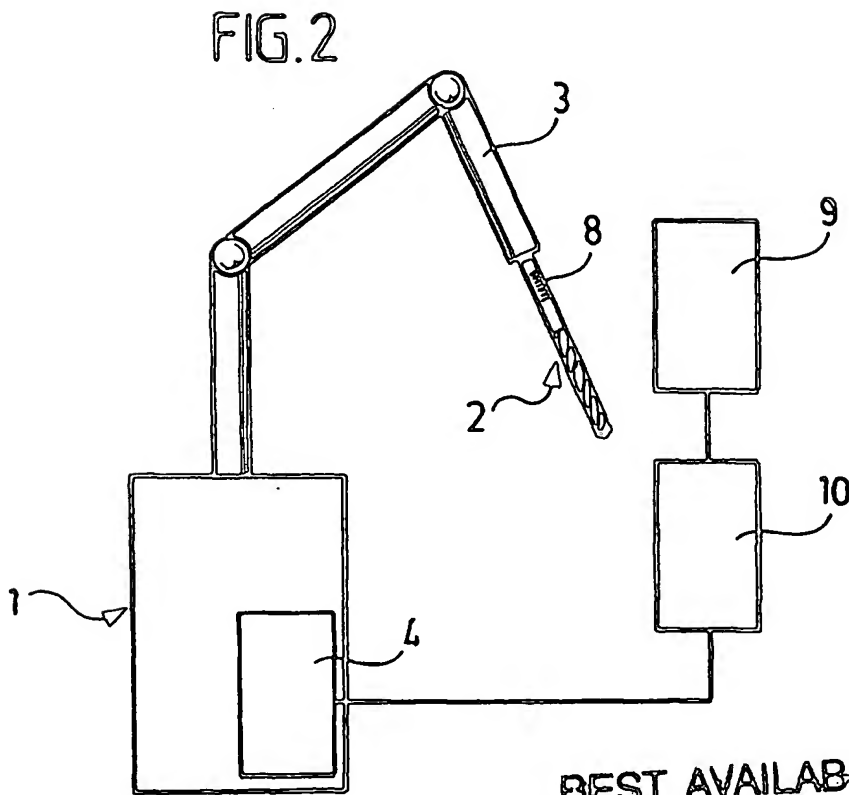
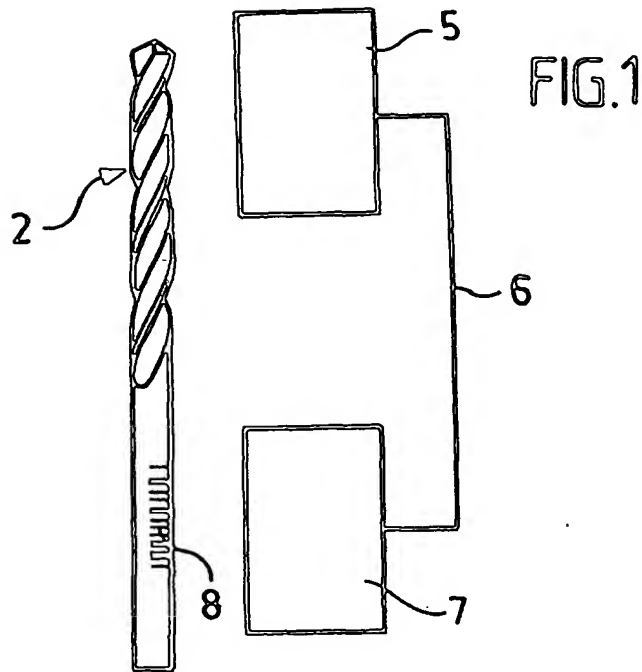
- 2 -

A 55 546 u  
16. August 2000  
u-234

3. Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung (5) einen Datensatz erzeugt, der Abweichungen der gemessenen Geometriewerte von Soll-Geometriewerten wiedergibt.
4. Operationsroboter (1) für chirurgische Operationen mit einer Steuerung (4) für den Bewegungsablauf eines Werkzeuges (2), die in Abhängigkeit von einem die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges (2) wiedergebenden und in Form einer Codierung (8) auf dem Werkzeug (2) angeordneten Datensatz an die Geometrie des Werkzeuges (2) angepaßte Bewegungssignale erzeugt, mit einer Leseeinrichtung (9), die die Codierung (8) auf dem Werkzeug (2) liest und mit einer Decodiereinrichtung (10), die aus der Codierung (8) den die geometrischen Abmessungen des Werkzeuges (2) wiedergebenden Datensatz erzeugt und diesen der Steuerung (4) zuführt.

DE 200 11 509 11

14-08-00



BEST AVAILABLE COPY